

# 成品油工程储罐裂纹产生的原因和处理

陆丹青

石油化工工程质量监督总站宁波分站 浙江 宁波 315200

**摘要:** 在成品油储罐安装过程中,焊接裂纹是储罐焊接缺陷中最严重的一个问题,焊接质量控制也是储罐安装的一个重点,而焊接裂纹控制更是重点中的重点。引起焊接裂纹的因素较多,有可能是焊接工艺引起,也有可能是材料本身残余应力引起。本章结合作者的实际工程经验,从工程实例出发,介绍了常压成品油储罐安装过程中,焊接裂纹的控制措施以及裂纹产生后的补救修复措施。

**关键词:** 成品油储罐;焊接裂纹;控制措施

## 引言

成品油储罐从设计施工到使用都是一项系统工程,从材料使用、结构设计、现场安装到焊缝检验每个组成部分都需要有机的组合起来,需要严格遵守各种管理规定和技术标准,并且还必须具备相应的有关材料应用,结构设计,制造安装,焊缝检验等领域的基础理论知识和宝贵的实践经验,在这个集合中每一个子集所产生的误差都有可能叠加,从而使整个系统中产生不安全因素,给储罐的安全使用带来隐患。而焊缝质量管理则是现场安装流程中的一项关键程序,焊缝裂纹管理更是这项关键程序中的重点。

## 1 工程概况

某成品油工程项目,建设库容44万立方米,主要包括:新建6座3万立方米汽油储罐、4座4万立方米航煤储罐、2座5万立方米柴油储罐,全部采用内挂架正装法施工。正装工艺储罐,罐壁与罐内浮盘等设施同步安装的施工工艺,罐顶网壳为半成品,浮顶组焊完毕后,在浮顶上进行网格架组装;罐内预制加整体提升的施工工艺,最后铺设罐顶板。以5万立方米柴油储罐为例,单

台重量约为971.503吨,储罐内径为56米,储罐净高为29.5米,罐壁共计10层,厚度从下至上依次为32mm,29mm,25mm,22mm,18mm,14mm,12mm,12mm,12mm,12mm,壁板材质为Q345R。罐壁板焊缝全部采用自动焊焊接工艺,纵缝采用气电立焊自动焊焊接,横缝采用埋弧自动焊焊接,罐底中幅板对接缝、收缩缝的焊接采用半自动气保焊打底、高速埋弧自动焊盖面工艺,罐底边缘板对接缝采用手工焊打底、半自动气保焊填充、手工焊盖面,罐底大角缝采用角焊埋弧自动焊焊接,浮盘板采用手工焊。壁板焊接先焊纵缝,再焊横缝,纵缝焊接前,先焊上定位龙门板,然后拆下纵缝组对卡具。横缝先焊外侧焊缝,然后内部清根后再进行内测焊接。9月1日,射线检测发现T1-07罐B1-11环焊缝出现裂纹,位于丁字缝纵缝熔合线附近(图一),缺陷长度16mm;11月21日,监督人员巡检发现T1-05罐A6-5焊缝纵缝下丁字口(B5横缝定位焊)处临时加固点开裂(图二)。打磨后发现纵缝左右两边裂纹呈相连状态,且有向纵缝延伸趋势,整体裂纹长度达500mm(图三)。



图1 B1-11丁字缝纵缝裂纹



图2 A6-5纵缝下丁字口定位焊开裂



图3 6-5纵缝打磨后两边裂纹呈相连状态

## 2 纹类型

焊缝裂缝是焊接中极为普遍的一类严重问题。在焊接应力及其他致脆因子的影响下,焊缝之间的部分区域的金属分子间粘着能力发生破裂所产生的新界面而形成的裂缝。它通常带有尖锐的缺陷和较大的长宽比的特点。裂缝危害产品的使用安全,是一个十分危险的技术问题。焊缝裂纹不仅出现在焊接工艺中,有的还有一个潜伏期,有的则出现在焊接后的继续加热阶段中。焊接裂纹,按照其部位、大小、产生因素以及机理上的差异,可能存在着不同的划分方式<sup>[2]</sup>。根据断裂所产生的情况,可分成热裂纹、冷裂纹、再热裂缝、层状撕裂和应力腐蚀裂纹等五种。

热裂纹是在焊接高温时形成的,故称为高温断裂。由于被焊接金属原料的性质不同,其形成热裂纹的类型、温区范围以及主要成因都各不相同,所以我们可以将热裂纹分成结晶裂纹、液化裂纹、多边化裂纹和失塑裂纹这四种。

冷裂纹是在焊缝上出现的比较常见的一些裂缝,一般是在焊接后冷却至较小高温时形成的。冷裂纹大多出现于低合金钢、中合金钢、中碳和高碳钢等的焊缝受热而变形部位。在个别情况下,如焊缝超高强度钢以及某些钛合金等,冷裂纹也可发生于焊缝金属表面。

再热裂缝:所有板焊接构件,或具有某些热沉淀的合金成分钢,在完成消除应力热处理并在相应工作温度下服役的过程中,在焊接热变形粗晶处出现的裂缝,叫做再热裂缝。再热裂纹主要出现于低合金高强度钢、珠光体耐热钢、奥氏体不锈钢耐酸钢,以及在一些镍基合金中的热变形区粗晶部分上<sup>[3]</sup>。

层状撕裂:在大型采油设备的厚壁压力容器的生产过程中,有时产生平行于轧制走向的阶梯断裂,就是所谓的层状撕裂。主要由于钢材的最内层存在着层状夹杂体(沿轧制方向)时,在焊缝中所形成的垂直热轧走向的应力,致使在热影响区域以外稍远的区域,形成“台阶”的层

状撕裂。

应力腐蚀裂缝:一些焊接构件(如容器和管道),在热腐蚀介质与应力物质的联合作用下形成的热延迟裂缝。产生应力腐蚀断裂的主要原因包括构件的材料,腐蚀介质的类型、构件的结构类型、生产的连接方法、焊缝材质,和消除应力的有效程度等。而应力腐蚀主要是在实际使用过程中逐渐形成的。

## 3 成因分析

根据上述裂纹产生原因结合本工程裂纹的特点分析裂纹产生的原因:

1) 裂纹主要形成于纵缝靠近横缝的丁字口处,此处为气电立焊起弧位置,焊接线能量较大,且焊接时未按要求进行无托底焊接技术措施,造成此处焊接质量较差、缺陷较多。

2) 在储罐组对时,储罐壁板错边量较大,造成组对应力集中,特别是在丁字缝处尤为明显,在焊接纵缝时对焊缝造成较大的拘束度,兼且临时定位焊点焊接厚度不足,在焊缝冷却后极易造成临时定位焊点裂纹缺陷产生,此类裂纹应为冷裂纹<sup>[4]</sup>。缺陷危害性极大,而在横缝焊接前未清理干净,往往会使得定位焊裂纹向正式的焊缝延伸,从而导致储罐焊缝遗留裂纹缺陷。

3) 定位焊点属于组装工序的临时焊接工作,对存在裂纹的定位焊缺陷,施工单位质量管理人员、施工人员质量意识淡薄,没有将“临时加固点焊裂纹会产生延伸”的质量隐患深入到质量管理意识中,施工技术人员也没有把这种缺陷的性质分析透彻,最终造成裂纹的产生。

## 4 裂纹修复程序

从以上问题研究得出,该罐可以从控制的技术角度改善焊接质量,从而确保今后该罐的施工质量管理工。此外,在施工制造的过程中,施工企业必须注意质量,严格根据产品设计规定和有关规范的规定进行生产、检验和测试保证产品及功能达到质量标准。具体修复程序如下:(1)对于表面裂纹缺陷需使用着色探伤的方法确定裂纹的几何尺寸和部位,而对于内部裂纹缺陷需采用超声检测进行定位并确定几何尺寸和深度;(2)抛光,去除裂纹;(3)边打磨边着色检测直至缺陷消除;(4)对打磨凹坑进行计算,确定是否需要补焊;(5)如需补焊,在焊接后进行无损测试。

### 4.1 消除方法

先进行着色或超声检查,以确认该罐断裂的部位和几何形状,并做好了记号,然后施工人员用砂轮机对标记部位进行了研磨,并将裂纹的每端打磨延长25~30mm。打磨后用手电进行宏观检查,若肉眼看不到裂纹,对此

部位进行着色检测,若检测后发现裂纹已经完全消失,裂纹消除工作方可结束。

#### 4.2 原则及焊缝打磨与检验

对裂纹打磨去除后产生的碗形进行测算,经测算(计算过程略),碗形已处于允许程度,应补焊。对罐体补焊横缝表面进行了抛光,焊缝表层相对于筒壁表面的高度系数为0~1mm,并圆滑过渡,从而降低了内部应力的集中,并有利于在再次检查后重新辨认焊道。横缝焊接后要对焊接外表面进行着色检测。着色检查依据NB/T47013-2015《承压设备无损检测》规定实施。无损检查必须在焊缝修补完成后开展。针对缺陷的部位和深浅等情况,才能制定缺陷排除方法。

### 5 焊接质量管理措施及建议

5.1 执行施工前制定的焊接工艺措施,在气电立焊起弧前做好无托底工艺措施,严禁在母材位置直接引弧,造成母材损伤进而在起弧位置形成焊接缺陷。

5.2 打磨清根质量,施工单位需固定打磨人员,对各打磨人员进行专项技术交底,明确打磨深度和清根坡口形状,并由施工单位质检员及监理人员做好检查确认工作并留下影像资料,确保所有定位焊焊缝全部清理干净,不留死角。

5.3 缝埋伏较深,则可选择使用超声波对其进行探测,以精确地定位裂缝的部位,然后再使用碳弧气刨慢慢地清理缺口的区域,当就要达到缺口深度后立即停止,并转换为打磨方式,再使用砂轮机清理缺口,工作结束后也要对其进行检查,确认清理完毕后作业进行。

5.4 焊检查过程中,如出现类似裂纹缺陷时,需采用渗透检测进行检查确认。发现的缺陷应在纵缝及横缝焊接前处理完成,边处理边检测,直至确认缺陷完全清除,监理人员见证检查并留下影像资料。定位焊焊缝检查合格后,方可进行纵缝、横缝的焊接。

5.5 证定位焊质量,必须配置专门的焊接人员,而焊接人员也必须严格按照规范参数,使用E5015焊接,在焊接作业中,必须注意错开各条焊道的起弧位置,使用磨光机研磨起弧位置,防止出现弧坑的现象。在焊接工艺中要采用多层多道的焊接方法。要注意必须一次焊接完成,不要间断焊接操作,一旦间断焊接必须在重新焊接前彻底检查焊缝,确认无裂纹以后才能进行焊接操作,并且焊接完成之后还必须彻底清理焊渣。

5.6 定位焊接的管理,特别是有缺陷的定位焊接更

需引起重视。组对、焊接都必须严格按照焊接工艺去执行,且在正式焊接前清理干净。对已经发现缺陷的定位焊,必须配合无损检测,边检测边清理,直至完全清除。

5.7 复前必须制定科学合理的裂纹修复计划,通过有关机构审核,并且必须配置经验丰富的焊接工程技术人员进行专业操作,并配置掌握特殊设备检验操作经验的技术人员,提高工程返修能力。根据缺陷的位置和深度等方面,可以确定缺陷清除措施。如果缺口深大于母材厚度2/3,才能在储罐外侧进行清理作业,否则必须在内部进行清理作业。消除瑕疵后,需要使用砂轮机打磨焊缝部位,使之形成沟槽,给后期施焊作业带来方便,要求沟槽必须注意坡口形状,保证坡度在50°内。在缺陷研磨清理过程需要通过着色方法检查缺陷位置,如没有彻底清除缺陷,必须进一步研磨并进行着色检测,保证彻底清理缺陷。

5.8 焊工技术交底工作,重点对定位焊焊接工艺要求的落实。加强焊工自身质量意识,重点对焊工焊接完成后,不清理药皮,不检查焊缝的坏习惯进行检查纠正。焊后要对其进行100%外观检查。

#### 结语

综上所述,成品油储罐的裂纹处理作业是一个有着高度复杂性、技术性的项目,生产制造单位应当以人民和自身的安全为基础,提高焊接产品质量,保证成品油储罐在运用过程中安全,或者把发生问题的概率减至最小化。在施工作业时,需要建立规范的操作要求,仔细分析可能发生的各类隐患,并适时制订出解决办法,以便从根本上防止成品油储罐产生问题,保证成品油储罐运行的安全。

#### 参考文献

- [1]张景林.安全系统工程(第2版)[M].煤炭工业出版社,2018.1.
- [2]中国化学品安全协会.化工(危险化学品)企业安全管理人员安全管理知识问答[M].中国石化出版社.2018.5.
- [3]栗继祖,金龙哲.安全行为学[M].机械工业出版社,2018.1.
- [4]张显力,张海鸥.防爆电气概论(第2版)[M].机械工业出版社,2018.2.
- [5]张宏强,浅谈大型储罐纵缝“小尾巴”的焊接[M].工程焊接,2008.12